ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physiologie générale du Muséum National d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *André Tournade* obtient 35 suffrages contre 2 à Mme *Lucie Randoin*.

Pour la seconde ligne Mme *Lucie Randoin* obtient 22 suffrages ; il y a 8 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **André Tournade**.
En seconde ligne .... Mme **Lucie Randoin**.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Ethnologie des Hommes vivants et des Hommes fossiles vacante au Muséum National d'Histoire naturelle, le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour.	2e tour.	3e tour.
M. **Henri Vallois**	18	18	18
M. **Jacques Millot**	17	17	18
Bulletins blancs	1	1	1

Les résultats de ce scrutin seront transmis à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les quintiques à cinq rebroussements.* Note de M. **Roger Apéry**, présentée par M. Élie Cartan.

Del Pezzo ([1]) a établi l'existence de quintiques à cinq rebroussements, qui sont, d'après les formules de Plücker, de cinquième classe à cinq inflexions. Cette Note a pour but de montrer que ces courbes sont autopolaires par rapport à une conique.

Ces courbes étant de genre 1, les coordonnées d'un point quelconque sont des fonctions elliptiques d'un paramètre u, qui peut être choisi de façon que la somme des paramètres des points d'intersection de la quintique avec une courbe quelconque soit nulle. En coordonnées homogènes on peut poser

$$x = f(u), \quad y = g(u), \quad z = h(u), \tag{1}$$

où f, g, h représentent des fonctions elliptiques d'ordre cinq au plus n'ayant d'autre pôle que l'origine et les points équivalents. De telles fonctions sont des combinaisons linéaires et homogènes des cinq fonctions

$$1, \quad pu, \quad p'u, \quad p''u, \quad p'''u.$$

Les paramètres des rebroussements ont une somme congrue à $\alpha (\text{mod } 2\omega, 2\omega')$, α étant nul ou égal à une demi-période. Les points de contact des tangentes menées d'un point arbitraire de coordonnées λ, μ, ν sont les zéros de la fonction elliptique d'ordre 10

$$\lambda(gh' - hg') + \mu(hf' - fh') + \nu(fg' - gf').$$

La somme des u de ces points de contact est congrue à α; si l'on pose

$$v = u + \alpha, \tag{2}$$

la somme des v des points de contact des tangentes menées d'un point arbitraire est nulle. Si l'on appelle X, Y, Z les coefficients de l'équation

---

([1]) *Rend. Accad. Napoli*, 2e série, 3, 1889, p. 47.

de la tangente au point de paramètre v, on peut écrire

$$X = f_1(v), \quad Y = g_1(v), \quad Z = h_1(v), \tag{3}$$

où f_1, g_1, h_1 sont des combinaisons linéaires et homogènes des cinq fonctions 1, pv, $p'v$, $p''v$, $p'''v$. Si (1) et (3) représentent la même courbe, les équations (4) sont vérifiées lorsque (2) l'est :

$$\left\{\begin{aligned} &xX + yY + zZ = 0, \\ &\frac{\partial x}{\partial u}X + \frac{\partial y}{\partial u}Y + \frac{\partial z}{\partial u}Z = 0, \\ &x\frac{\partial X}{\partial v} + y\frac{\partial Y}{\partial v} + z\frac{\partial Z}{\partial v} = 0. \end{aligned}\right. \tag{4}$$

Posons $F(u, v) = xX + yY + zZ$; les relations (4) s'écrivent pour $u = \theta$

$$F(\theta, \theta+\alpha) = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial u}(\theta, \theta+\alpha) = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial v}(\theta, \theta+\alpha) = 0, \tag{5}$$

et pour $u = \theta + \alpha$

$$F(\theta+\alpha, \theta) = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial u}(\theta+\alpha, \theta) = 0, \quad \frac{\partial F}{\partial v}(\theta+\alpha, \theta) = 0; \tag{6}$$

écrivons $F(u, v)$ sous forme de somme d'une fonction symétrique et d'une fonction alternée : $F(u, v) = G(u, v) + H(u, v)$; par soustraction, (5) et (6) entraînent $(\partial H/\partial v)(\theta, \theta+\alpha) = 0$. Par suite de son origine, $\partial H/\partial v$ est combinaison linéaire des déterminants extraits du tableau

$$\left\| \begin{matrix} 1 & pu & p'u & p''u & p'''u \\ 0 & p'(u+\alpha) & p''(u+\alpha) & p'''(u+\alpha) & p^{IV}(u+\alpha) \end{matrix} \right\|;$$

on peut montrer que ces déterminants sont linéairement indépendants tant pour $\alpha = 0$ que pour $\alpha = \omega$.

$H(u, v)$ est donc identiquement nul, et $F(u, v)$ est une fonction symétrique. Comme $f(u)$, $g(u)$, $h(u)$ sont linéairement indépendants, ceci n'est possible que si

$$\begin{aligned} f_1(v) &= A\,f(v) + B''g(v) + B'h(v), \\ g_1(v) &= B''f(v) + A'g(v) + B\,h(v), \\ h_1(v) &= B'\,f(v) + B\,g(v) + A''h(v), \end{aligned}$$

ce qui exprime que les éléments de contact de paramètre u, $u + \alpha$ sont conjugués par rapport à la conique

$$Ax^2 + A'y^2 + A''z^2 + 2Byz + 2B'zx + 2B''xy = 0. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Remarque. — On voit maintenant que α ne peut être nul, sinon tous les points de la quintique seraient sur la conique. Les points qui se correspondent dans la transformation par polaires réciproques sont donc opposés au sens défini dans mon Mémoire sur la Géométrie anallagmatique (cf. l'abrégé paru dans la *Revue générale des Sciences*, novembre 1938, XV-XVI, p. 388).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la continuité des dérivées du potentiel.* Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Plusieurs problèmes d'analyse et de physique mathématique conduisent au problème suivant :

Connaissant le mode de continuité des masses ainsi que le mode de continuité des multiplicités sur lesquelles ces masses sont étalées, déterminer le mode de continuité des dérivées du potentiel, créé par ces masses.

Jusqu'ici ce problème n'a été étudié, à ma connaissance du moins (¹), que dans l'hypothèse de la continuité au sens de Hölder. Dans ce cas les résultats acquis sont décisifs (²), simples et bien connus. Le but de cette Note est de rattacher ces propriétés à l'étude d'une intégrale simple à noyau singulier et de les étendre aux modes de continuité plus généraux, spécialement au cas de continuité logarithmique (³). Les considérations qui suivent ne sont développées que dans le cas de l'espace; mais elles s'appliquent intégralement au cas du plan.

I. Dans l'espace à trois dimensions, rapporté aux trois axes de coordonnées rectangulaires $Oxyz$, envisageons un domaine borné D, limité par une surface fermée S. Relativement à S, nous ferons les hypothèses suivantes, que nous appellerons conditions généralisées de Liapounoff d'ordre n, ou, en abrégé, conditions L_n :

(¹) Je fais abstraction du Mémoire de M. H. Petrini (*Acta mathematica*, 31, 1907, pp. 127-332), où l'auteur s'est placé à un point de vue local.

(²) On consultera à ce sujet le Mémoire fondamental de A. Liapounoff, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5ᵉ série, 4, 1898, pp. 89-150, et les travaux de M. A. Korn, *Annales de l'École Normale supérieure*, 24, 1907, pp. 12-42; de L. Lichtenstein, *Beritchte der sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig*, 78, 1926, pp. 147-238. Le lecteur trouvera un exposé d'ensemble de ces travaux dans l'Ouvrage de M. W. Günther, *La théorie du potentiel*, Paris, 1939, pp. 1-298, ainsi qu'un résumé des recherches de Lichtenstein dans le volume de M. H. Villat, *Leçons sur la théorie des tourbillons*, Paris, 1930, pp. 239-255.

(³) Voir à ce sujet le paragraphe 11 de ma *Thèse* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 2ᵉ série, 20, 1941, pp. 65-69).

1° La surface S possède, en chacun de ses points, un plan tangent et par suite une normale.

2° On peut attacher à S un nombre $\varepsilon > 0$ possédant la propriété suivante : si l'on décrit ou entoure un point *quelconque* M de S, une sphère Σ_M de rayon ε, l'intersection avec S de toute droite, parallèle à la normale à S en M, menée par un point de S intérieur à Σ_M, se réduit à un point unique.

3° Soit $\theta(M, M_1)$ l'angle aigu des normales à S aux points M et M_1 (on pose $MM_1 = r$); on a alors

$$(1) \qquad |\theta(M, M_1)| \leqq f(r),$$

où $f(r)$ désigne une fonction continue, positive, croissante de r, telle que $f(0) = 0$. La fonction $f(r)$, introduite ci-dessus, sera dite module de continuité de S.

II. Envisageons d'autre part une répartition de masses dans l'espace, soit cubique, soit superficielle. Soit $\mu(M)$ la densité de la masse attirante au point M; nous supposerons que la fonction $\mu(M)$ vérifie l'inégalité

$$(2) \qquad |\mu(M) - \mu(M_1)| \leqq f(r),$$

où $f(r)$ désigne la fonction de $r = MM_1$, introduite dans l'inégalité (1). Nous dirons alors que la densité $\mu(M)$ possède le module de continuité $f(r)$.

III. Relativement à $f(r)$, nous admettrons, de plus, que l'intégrale

$$(3) \qquad I(r) = \int_a^b \frac{f(r) - f(r')}{r - r'}\, dr', \qquad a \leqq r \leqq b$$

a un sens et est continue dans l'intervalle $a \leqq r \leqq b$. Nous désignerons par $\varphi(r)$ le module de continuité de $I(r)$,

$$(3') \qquad |I(r) - I(r')| \leqq \varphi(|r - r'|).$$

D'après cela, $\varphi(r)$ sera une fonction positive, continue, croissante de r, nulle pour $r = 0$.

IV. Cela posé, envisageons d'abord le cas de la répartition spatiale des masses $\mu(M)$ emplissant le domaine D; $\mu(M)$ étant supposé remplir les conditions des alinéas II et III. Ces masses créent dans l'espace le potentiel newtonien

$$(4) \qquad V(x, y, z) = \iiint_D \frac{\mu(M')}{r'}\, d\tau',$$

où r' désigne la distance MM' entre le point $M(x, y, z)$ et le point courant $M'(x', y', z')$, et l'on a posé : $d\tau' = dx'\,dy'\,dz'$. On a alors le résultat suivant :

Les dérivées $(\partial^2 V/\partial x^2)$, $(\partial^2 V/\partial y^2)$ *et* $(\partial^2 V/\partial z^2)$ *du potentiel* (4) *existent en chaque point* M *intérieur à* D *et y possèdent un module de continuité du type*

$$\left|\left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}\right)_M - \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}\right)_{M_1}\right| \leqq C\,\varphi(r), \tag{5}$$

où C *désigne une constante ne dépendant que de* D *et où* $\varphi(r)$ *est le module de continuité défini par* (3′) *et où* M_1 *est un point quelconque intérieur à* D.

V. Prenons, en particulier, $f(z) = K/r^\alpha$, K désignant une constante positive et α un nombre tel que $0 < \alpha < 1$. (Cas de la densité continue au sens de Hölder.) La fonction $\varphi(r)$ correspondante est alors de la forme K_1/r^α, K_1 désignant une nouvelle constante ([4]).

L'inégalité (5) se réduit alors au théorème bien connu de Liapounoff.

Si, maintenant, on prend $f(r) = [K/|\log(1/r)|^n]$, (n désignant un nombre supérieur à 1), le module $\varphi(r)$ correspondant, défini par (3′), sera de la forme $K_1/|\log(1/r)|^{n-1}$ ([5]); on obtient ainsi une extension des théorèmes de Liapounoff au cas de la continuité logarithmique.

VI. Envisageons maintenant le cas d'une répartition superficielle des masses attirantes. Étalons donc sur la frontière S de D (cf. l'alinéa II) une couche simple de densité $\mu(M)$ (cf. les alinéas II et III), et soit le potentiel de simple couche

$$V(x, y, z) = \iint_S \frac{\mu(M')}{r'}\,d\sigma' \tag{6}$$

créé par ces masses dans D (ou à l'intérieur de D). On a alors le résultat suivant :

Les dérivées premières du potentiel (6) *sont continues dans* D *ou à l'intérieur de* D; *elles possèdent le module de continuité du type* $C\,\varphi(r)$.

En particularisant le module de continuité $f(r)$ de $\mu(M)$ et de S, on retrouve les théorèmes de Liapounoff ou leurs extensions au cas de la continuité logarithmique.

([4]) C'est en cela que consiste le résultat bien connu de Fatou et de M. Priwaloff. Voir le travail de M. Priwaloff, *Bulletin de la Société mathématique de France*, 44, 1916, p. 100-103.

([5]) Voir à ce sujet ma *Thèse*, *loc. cit.*, ([3]), pp. 65-69.

VII. Des extensions analogues des résultats de Liapounoff valent pour la dérivée normale du potentiel de double couche, créé par des masses attirantes répandues sur S.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Problème des sillages. Validité des solutions.* Note de M. **Adalbert Oudart**, présentée par M. Henri Villat.

I. *Condition de non-recoupement des lignes libres.* — Nous avons énoncé ([1]) le théorème suivant : *L'obstacle étant tranchant et le canal monotone divergent par rapport à la vitesse à l'infini amont, le sillage est monotone divergent et la condition de non-regoupement des lignes libres est satisfaite.*

1° Ce théorème est toujours exact lorsque Φ satisfait à la condition

$$(R) \qquad \int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\,d\varepsilon = 0,$$

ce qui est le cas des parois planes ([2]), des obstacle et canal ayant un axe de symétrie commun ([3]) etc.

La démonstration de ce théorème est basée sur la condition

$$(F) \qquad J = \int_0^\pi \frac{p\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right) - p\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_0\right)}{e_3 - p\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)} \Phi(\varepsilon)\,d\varepsilon > kE = k\int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\,d\varepsilon$$

et

$$k = \frac{p\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_0\right) - e_3}{e_1 - e_3}\,\frac{p\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_1\right) - e_3}{e_2 - e_3} - 1.$$

2° Il est facile, à partir des formules de M. Villat ([4]), de construire des schémas de Helmholtz, *non* soumis à la condition restrictive (R) et auxquels le théorème précité reste applicable, et qui satisfont à (F).

Il suffit de partir d'un obstacle et d'un canal soumis à la condition (R) et pour lesquels on connaisse $\Phi(\varepsilon)$, $\Psi(\varepsilon)$, s_0, s_1, ω_1 et ω_3 ([5]); de considérer

---

([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 721 (à consulter pour les notations).

([2]) Julien Kravtchenko, *Thèse* (*Journal de Math.*, 9e série, 20, 1941, p. 61).

([3]) Henri Villat, *Journal de Mathématiques*, 6e série, 10, 1914, p. 231, 2e partie.

([4]) Collection *Scientia*, n° 38. *Aperçus théoriques sur la résistance des fluides.* Paris, 1920, p. 67.

([5]) Remarquer que ω_1 et ω_3 sont implicitement connus, si l'on connaît s_0, s_1 et q.

une fonction $\lambda(\varepsilon)$, telle que $\lambda(s_1)=0$, $2|\lambda(\varepsilon)|<|\Phi(\varepsilon)|$, $2k|\lambda|_{max}<|\Phi|_{min}$ et $[\Psi(\varepsilon)+\lambda(\varepsilon)]\Psi(\varepsilon)\geqq 0$; et de construire le schéma à partir des nouvelles fonctions

$$\Phi_1(\varepsilon)=\Phi(\varepsilon)+\lambda(\varepsilon) \quad \text{et} \quad \Psi_1(\varepsilon)=\Psi(\varepsilon)+\lambda(\varepsilon);$$

ce schéma satisfait encore au théorème, mais sans la restriction (R).

II. *Courbure des lignes libres.* — Il s'agit de quelques propriétés intrinsèques. Le nombre des inflexions des lignes libres dans le cas d'un obstacle tranchant et d'un canal ayant un axe de symétrie commun est :

1° 2 au maximum pour un obstacle en accolade généralisée ([6]) ou formé de deux coquilles convexes ou concaves et un canal divergent à parois une seule fois infléchies ;

2° 0 pour un obstacle formé de deux coquilles concaves vers le fluide vif et un divergent à parois une seule fois infléchies, la pente de l'obstacle étant plus forte que la pente du canal. Les lignes libres sont alors convexes vers le fluide vif ;

3° 1 en général pour un obstacle formé de deux coquilles concaves vers le fluide vif et un convergent à parois une seule fois infléchies, la pente de l'obstacle étant plus forte que la pente du canal.

De plus, dans le cas 3° (et également dans le cas dissymétrique pour un canal quelconque à direction asymptotique unique en aval), le sillage et le canal sont, en aval à l'infini, tous deux convergents (ou divergents) en même temps en général, de sorte que dans le cas 3°, le sillage est en général concave avec le fluide vif à l'infini aval ([7]).

III. La condition $V\leqq 1$ peut, comme on sait, s'écrire $T(s)\leqq 0$ avec $V=e^{T(s)}$.

1° Cette condition suffisante de validité totale a donné lieu au théorème I de ma Note précédente. Comme corollaire, on a la condition suivante :

Pour satisfaire à $V\leqq 1$, il faut que la tangente à l'obstacle aux points de détachement, orientée dans le sens de l'écoulement, fasse, avec l'asymptote en aval à la paroi voisine, un angle positif (point haut), ou négatif (point bas). De plus, les asymptotes ne doivent pas recouper l'obstacle.

Ceci exige les inégalités nécessaires $\Phi(0)<\Psi(0)$ et $\Psi(\pi)<\Phi(\pi)$.

([6]) J'appelle ainsi une accolade qui, à l'inverse de celle de M. Leroy, n'exige aucune condition spéciale de courbure (*Comm. Math. Helvetici*, 8, 1936, p. 201).

([7]) Henri Villat, *Journal de Mathématiques*, 6e série, 10, 1914, p. 234.

2° La condition $T(s) \leq 0$ conduit à satisfaire aux inégalités

$$\pi T_1(s) = I_1(s) + I_2(s) - I_6(s) \leq 0, \qquad \text{sur l'obstacle,}$$
$$\pi T_q(s) = -I_4(s) - I_5(s) + I_3(s) \gtrless 0, \qquad \text{le long du canal}$$

avec

$$I_1(s) = \sin s \int_0^\pi \frac{\Phi(\varepsilon) - \Phi(s)}{\cos\varepsilon - \cos s} d\varepsilon, \qquad I_4(s) = \sin s \int_0^\pi \frac{\Psi(\varepsilon) - \Psi(s)}{\cos\varepsilon - \cos s} d\varepsilon,$$

$$I_2(s) = 4 \int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\, I(s, \varepsilon)\, d\varepsilon, \qquad I_5(s) = 4 \int_0^\pi \Psi(\varepsilon)\, I(s, \varepsilon)\, d\varepsilon,$$

$$I_3(s) = 4 \int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\, J(s, \varepsilon)\, d\varepsilon \quad \text{et} \quad I_6(s) = 4 \int_0^\pi \Psi(\varepsilon)\, J(s, \varepsilon)\, d\varepsilon,$$

où

$$I(s, \varepsilon) = \sum_1^\infty \frac{q^{2r}}{1 - q^{2r}} \sin rs \cos r\varepsilon \quad \text{et} \quad J(s, \varepsilon) = \sum_1^\infty \frac{q^r}{1 - q^{2r}} \sin rs \cos r\varepsilon.$$

Ces recherches appliquent le lemme de M. Leray, la fonction $I(s, \varepsilon)$ étant ([8]) décroissante par rapport à s, sous la condition $q < \sqrt{2 - \sqrt{3}} = 0,517$, et $J(s, \varepsilon)$ étant décroissante par rapport à s sans limitation de q.

3° Dans le cas du canal monotone convergent et de l'obstacle tranchant satisfaisant aux conditions

$$\int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon = \int_0^\pi \Psi(\varepsilon)\, d\varepsilon = 0, \qquad q < 0,517 \qquad \text{et} \qquad I_1(s) < 0,$$

les vitesses sont toujours acceptables sur l'obstacle. Comme cas particulier, nous obtenons une généralisation d'un théorème de Boggio.

4° La condition $I_1(s) < 0$ est, rappelons-le, satisfaite pour les fonctions de M. Villat ([9]) avec $\int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon$.

En ajoutant à $\Phi(\varepsilon)$ une constante additive on continue à satisfaire à $I_1(s) < 0$ avec $\int_0^\pi \Phi_1(\varepsilon)\, d\varepsilon \neq 0$, et sous certaines conditions pour la fonction $\Phi(\varepsilon)$ origine, on peut le faire sans que l'obstacle cesse d'être tranchant. (Le tracé de l'obstacle dépend de Φ et de Ψ.)

([8]) JULIEN KRAVTCHENKO, *loc. cit.*, pp. 108 et 119. La fonction $I(s, \varepsilon)$ est identique à $(\pi/4)\varphi(s, \varepsilon)$.

([9]) *Journal de Mathématiques*, 10, 1914, p. 231. La fonction $I_1(s)$ est identique à la fonction $\tau(s)$ de M. Villat.

5° En majorant $-I_4(s)$ et minorant $-I_3(s)$ nous avons pu établir de nouvelles propriétés que le manque de place nous empêche de reproduire ici, et dont on trouvera le détail dans le Mémoire complet.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la similitude des turbomachines à fluides compressibles*. Note de M. **Marcel Sédille**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans les turbomachines à fluides incompressibles, les conditions de similitude conduisent à définir les coefficients caractéristiques sans dimensions de Rateau :

μ coefficient manométrique gH/u^2;
δ coefficient de débit Q/ur^2;
ρ rendement interne;
H est la hauteur en mètres de fluide engendrée par la turbomachine;
Q est son débit;
u la vitesse périphérique du rouet;
r le rayon du rouet.

On définit également le coefficient de puissance $\tau = g\mathcal{P}/\varpi u^3 r^2$, $\mathcal{P}$ étant la puissance absorbée et ϖ le poids spécifique du fluide. On a naturellement $\tau = \mu\delta/\rho$ pour les machines génératrices, et $\tau = \mu\delta\rho$ pour les machines réceptrices.

Les conditions de similitude permettent de ramener à un graphique unique donnant les deux fonctions $\mu = f(\delta)$ et $\rho = f(\delta)$, les diverses conditions de fonctionnement d'une machine donnée et de toutes les machines semblables à toutes les vitesses et pour tous les fluides incompressibles, pourvu que l'on n'opère pas à des vitesses trop variables ou que l'on ne compare pas des machines de dimensions trop différentes, ce qui introduirait de légères variations dues aux variations du nombre de Reynolds et de la rugosité relative. Il s'agit du rendement interne ou hydraulique, pertes mécaniques externes déduites. Les conditions de similitude de Rateau sont la traduction des conditions de similitude géométriques et mécaniques des champs d'écoulement dans les machines.

On peut écrire en général, entre coefficients sans dimensions, les relations fonctionnelles

$$\mu,\ \rho = f\left(\delta,\ \mathrm{Re},\ \frac{h}{r}\right),$$

Re désignant le nombre de Reynolds de l'appareil rapporté à une vitesse et une dimension de référence, et h/r représentant la rugosité relative, h étant par exemple une dimension moyenne des aspérités de la paroi.

Les conditions de similitude ci-dessus supposent également, soit que la pesanteur n'intervient pas, soit que son influence est négligeable, c'est-à-dire que les dimensions de la machine sont négligeables devant la hauteur engendrée. Dans le cas contraire, il faudrait faire intervenir la loi de similitude de Froude; la vitesse des machines semblables devrait être dans un rapport tel que $u/\sqrt{gr}$ soit constant. On aurait ainsi, en désignant par $\mathcal{F}$ ce nombre sans dimensions, les relations fonctionnelles générales

$$\mu, \delta = f\left(\delta, \mathrm{Re}, \frac{h}{r}, \mathcal{F}\right).$$

Pour les fluides compressibles, une nouvelle variable, la compressibilité, complique ces relations, et les conditions de similitude font apparaître un nouveau nombre sans dimensions, analogue au nombre de Sarrau, Mach ou Bairstow, rapport de la vitesse u à la vitesse du son en un point quelconque du champ d'écoulement. Il est commode de choisir la vitesse du son a_0 dans les conditions de l'aspiration. Dans le cas des fluides compressibles, on ne se sert plus du débit-volume Q, mais du débit-poids I. Il est alors commode de modifier la forme du coefficient de débit et de lui donner la forme toujours sans dimensions $I/a_0 r^2 \varpi_0$, ϖ_0 étant le poids spécifique du fluide à l'aspiration. De même, il est commode de remplacer la hauteur engendrée H par le rapport de compression fourni P_1/P_0. En négligeant l'influence du nombre de Reynolds et de la rugosité relative, on a alors

$$\frac{P_1}{P_0}, \rho = f\left(\frac{u}{a_0}, \frac{I}{a_0 r^2 \varpi_0}\right).$$

Bien entendu, on peut donner à ces coefficients toute forme sans dimensions, et en particulier, utiliser le coefficient de débit spécifique $I/ur^2\varpi_0$ indiqué par M. Maurice Roy ([1]). Les relations fonctionnelles définies ci-dessus peuvent être représentées sur un graphique en portant $I/a_0 r^2 \varpi_0$ en abscisse, P_1/P_0 en ordonnée et u/a_0 en valeurs paramétriques. Les courbes d'égal rendement ont alors des formes elliptiques, les variations du rendement pour différentes valeurs de la vitesse périphérique u traduisant l'influence des différences d'adaptation dues à la compressibilité et aux phénomènes soniques quand ceux-ci apparaissent. Les courbes d'égal rapport des poids spécifiques ϖ_1/ϖ_0 et d'égal rapport

---

([1]) Discussion du Mémoire de M. Salez, *Notes sur les compresseurs d'aviation centrifuges* (*Bulletin de l'A. T. M. A.*, n° 43, 1939, p. 431).

des températures T_1/T_0 peuvent également être reportées sur le même graphique.

Le rendement dont il s'agit est le rapport de l'énergie mécanique fournie au fluide à l'énergie mécanique absorbée sur l'arbre. L'énergie mécanique fournie au fluide par kilogramme est donnée par l'intégrale $\int v\,dp$ (v désignant le volume spécifique) prise le long de la courbe (p, v) représentant l'évolution du fluide dans la machine, et éventuellement en y ajoutant la différence $(v_1^2 - v_0^2)/2g$ des énergies cinétiques à la sortie et à l'entrée, et en intégrant à tous les filets si ceux-ci suivent, sur le diagramme (p, v) ou le diagramme entropique, des chemins différents. Le rendement polytropique, défini en supposant que l'évolution réelle du fluide se rapproche d'une polytrope joignant les états initial et final, se rapproche le plus du rendement interne de l'appareil. On pourrait porter sur le graphique ci-dessus le rendement adiabatique, coefficient sans dimensions.

Une telle représentation indépendante des conditions d'aspiration est valable pour tous les appareils semblables. Elle est indépendante également de la nature du fluide, sous réserve que le nombre atomique soit le même. Dans le cas contraire, il faudrait introduire comme nouvelle variable le rapport γ des chaleurs spécifiques. Il faut aussi noter que cette représentation n'est valable que pour des appareils ne comportant aucun échange calorifique extérieur. Dans le cas contraire, il faudrait faire intervenir, sous forme non dimensionnelle, les différentes variables pouvant influer sur les échanges, par exemple, pour un compresseur à réfrigération intermédiaire ou interne, le rapport des différents débits de fluide réfrigérant au débit-poids du fluide à comprimer, le rapport des températures d'entrée de ces fluides à la température d'aspiration du compresseur, et les nombres de Stanton ou de Prandlt des différents fluides (sous réserve que la conductibilité du métal des parois soit telle que la résistance due à leur épaisseur soit négligeable).

Dans le cas des compresseurs d'aviation où le changement de la nature du fluide n'est pas en cause, il est inutile de traîner dans les coefficients ci-dessus les constantes qui dépendent de sa nature. La seule influence des variations des conditions d'aspiration peut alors se résumer en disant que des régimes semblables sont obtenus lorsque le débit-poids aspiré varie comme $P_0/\sqrt{T_0}$, et que la vitesse de rotation varie comme $\sqrt{T_0}$. Dans ces conditions, le rapport de compression et le rendement sont inchangés et

la puissance varie comme $P_0/\sqrt{T_0}$, similitude restreinte employée par Rateau dès 1923.

Toutes ces conditions de similitude sont des cas particuliers des théorèmes généraux de similitude, et en particulier du théorème de Vaschy.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur l'emploi de l'alcool éthylique dans les moteurs à injection directe avec allumage commandé.* Note de M. **René Retel**, présentée par M. Albert Caquot.

Au cours d'essais sur moteurs destinés à déterminer les possibilités d'emploi des différents carburants de remplacement, j'ai été amené à utiliser l'alcool éthylique hydraté.

Cet alcool, d'une densité de 0,816, titrait 75°. Il était injecté directement dans le cylindre du moteur d'essai à l'aide d'un dispositif spécialement construit.

Le moteur utilisé était un monocylindre à 4 temps, d'une cylindrée de $2^{l},645$, dont le rapport volumétrique pouvait être modifié à volonté entre 6 et 8.

Au cours des essais, on mesurait au maximètre les pressions maxima de combustion, et l'on notait les pressions marquées par l'appareil lorsque les combustions prenaient une allure détonante.

Les essais de base effectués au carburateur avec de l'essence, densité 0,750, pouvoir calorifique 10700 calories au kilogramme, ont permis d'obtenir, à la vitesse de 2000 t : m. et pour un rapport volumétrique de 6, une puissance de 46,6 CV. Pour ce régime la pression de combustion était de 38,5 kg/cm². Les pressions de détonation enregistrées dépassaient 80^{kg} et caractérisaient un moteur à limite de fonctionnement normal.

Alimenté à l'alcool injecté, le même moteur, sans aucune modification, a donné pour la même vitesse de fonctionnement et un rapport volumétrique de 8, une puissance de 60,3 CV. La pression moyenne de combustion était de 43^{kg}; il n'y avait pas de détonation.

La pression moyenne, qui était de 7,93 kg/cm² dans le premier cas, a atteint 10,30 kg/cm² dans le second, soit une augmentation de 29,9 %.

Cette augmentation est due à l'emploi simultané de l'alcool éthylique et de l'injection directe.

Les mesures faites en faisant varier les rapports volumétriques et en utilisant des combustibles différents, montrent que cette augmentation provient principalement :

1° De l'augmentation de remplissage du moteur par suite d'un refroidissement plus énergique de l'air admis.

La masse de combustible utilisé est en effet plus importante dans le cas de l'alcool que dans celui de l'essence. De plus, la chaleur latente de vaporisation est plus élevée.

Pour ces deux raisons, le poids d'air de la cylindrée augmente d'environ .... 5 p. 100

2° De l'énergie calorifique comparativement plus élevée que fournit l'alcool pour un même poids d'air utilisé.

Dans le cas de l'alcool éthylique pur, ce supplément d'énergie est de... 6,6 p. 100

Ce chiffre a été obtenu en prenant 100° comme température inférieure d'évolution des gaz du cycle et 6720 cal. au kg. comme pouvoir calorifique de l'alcool à cette température.

3° De la régularité d'alimentation plus grande donnée par l'injection. Il en résulte une meilleure utilisation de l'air de chaque cylindrée, d'où une augmentation de puissance de l'ordre de .... 5 p. 100

4° De l'accroissement de rendement thermodynamique résultant de l'augmentation du rapport volumétrique de 6 à 8, soit un gain de... 11,5 p. 100

La puissance se trouve donc finalement augmentée dans le rapport de 1 à $(1,05 \times 1,066 \times 1,05 \times 1,115) = 1,31$,

soit un gain de 31 p. 100.

Il est important de remarquer que, malgré l'augmentation très grande de la pression moyenne, les pressions maxima n'augmentent que de 11 %, passant de 38,5 à 43^{kg}. Ce fait est lié à la rapidité de la propagation de la flamme dans le cylindre. Il montre que le procédé de l'injection directe avec allumage commandé, tout en permettant des rapports volumétriques élevés, conserve des combustions progressives évitant les montées en pression dangereuses auxquelles conduit l'auto-inflammation du combustible dans les moteurs du cycle Diesel.

Les essais précédents, effectués de décembre 1940 à février 1941, ont été repris sur un moteur à 4 cylindres de 85^{mm} d'alésage, 105^{mm} de course, alimenté suivant le même principe; ils ont donné des résultats du même ordre.

Le dispositif d'injection ayant été établi de manière à maintenir la proportionnalité de la quantité de combustible injecté au poids de l'air admis aux différents régimes de marche, le moteur à pu servir à l'équipement d'une voiture automobile.

Les résultats des essais effectués avec cette voiture confirment entièrement les résultats trouvés au banc.

L'augmentation de puissance résultant de l'emploi de l'alcool injecté atteint pratiquement 20 % de la puissance obtenue avec le carburateur et l'essence.

L'essence injectée procure une augmentation de 10 %.

L'économie d'énergie réalisée est de l'ordre de 15 % dans les deux cas.

Ces résultats sont de nature :

1° à orienter l'industrie automobile dans la voie de la construction de moteurs à injection directe avec allumage commandé;

2° à développer l'utilisation de l'alcool dans les moteurs, l'alcool étant un carburant de haute qualité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le temps d'inhibition au début de la décomposition des austénites.* Note (¹) de MM. **Henri Jolivet** et **Albert Portevin**, présentée par M. Léon Guillet.

La décomposition des austénites s'effectue, dans les domaines supérieur et intermédiaire (Ar′ et Ar″), par un processus de germination et croissance.

La transformation isotherme n'est mise en évidence qu'après un temps variable T ou *temps d'inhibition.*

Durant cette période, les méthodes usuelles d'analyse ne révèlent aucune modification de l'austénite.

Par la suite, la vitesse de transformation, d'abord nulle, croît progressivement. Les courbes chronographiques ne mettent en évidence aucune discontinuité : les apparences de discontinuité sont dues à la rapidité de variation de la vitesse de transformation et aux conditions d'enregistrement.

Le temps d'inhibition n'est pas susceptible d'une détermination graphique précise sur les courbes chronographiques. On conviendra de le représenter conventionnellement par l'abscisse correspondant au 1/100ᵉ de l'amplitude totale de transformation :

Les résultats reproduits se réfèrent à un acier de composition centésimale C 0,65; Mn 1,5; Mo 0,5, choisi à titre d'exemple.

Pour des conditions définies de décomposition isotherme dans le domaine Ar′ :

(¹) Séance du 10 novembre 1941.

1° Le temps d'inhibition T varie avec la température t_1 du maintien isotherme et passe par un minimum m, qui se produit à une température un peu inférieure à celle du maximum de vitesse de décomposition (*fig.* 1).

2° Il croît avec la température de préchauffage t_0 (*fig.* 2). La tempéra-

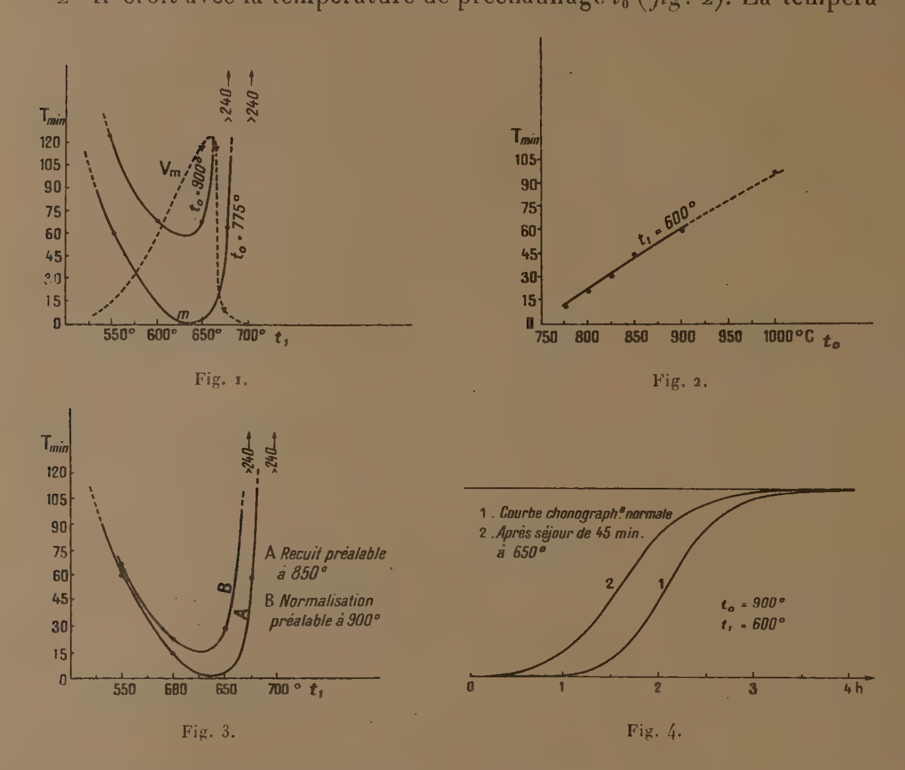


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

ture t_1 du minimum m est la même pour les différentes valeurs de t_0 (*fig.* 1).

3° Pour des maintiens de courte durée à la température t_0, il est influencé par l'état initial (traitement précédant le préchauffage) (*fig.* 3).

4° Il est réduit par un maintien préalable dans la zone d'inhibition (*fig.* 4). Cette réduction est fonction de la durée relative du séjour préalable rapportée au temps total d'inhibition à la température où il s'effectue.

Le fractionnement du temps d'inhibition présente donc un caractère additif [2].

---

[2] Ceci constitue une vérification expérimentale de l'hypothèse faite par Scheil (*Archiv für Eisenhütte*, **8**, 1934-35, p. 565).

La cinétique de transformation ultérieure se trouve modifiée par ce fractionnement.

5° Il est supprimé par tout début de transformation, même lorsque celui-ci a été réalisé dans des conditions où le temps d'inhibition est nul.

Durant cette période initiale, on a supposé, soit que l'austénite ne subissait aucune modification (période d'inertie), soit qu'elle se modifiait avant le développement du processus de transformation normal (période d'incubation), soit qu'elle suivait ce processus dès l'origine (début de transformation).

Le temps d'inhibition est affecté spécialement par les facteurs qui modifient les conditions de germination. Il correspond vraisemblablement à la durée d'apparition de germes *isolés* du constituant qui est à l'origine de la transformation (cémentite pour Ar′).

A partir de ces premiers centres, la transformation progresse (dans sa phase normale) par croissance et germination des deux constituants (cémentite et ferrite) en même temps que de nouveaux germes isolés continuent à prendre naissance et créeront de nouveaux centres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'ixone, quinone tétrabenzopyrénique.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Maurice Loury**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le pyrène (I) est l'un des noyaux fondamentaux, après le benzène, de la série aromatique. Au même titre que le benzène, il est le premier terme d'une famille de dérivés, comprenant en particulier les benzologues. Toutefois l'étude en est bien moins avancée que celle du benzène et de ses benzodérivés, naphtalène ou anthracène par exemple. Cela tient surtout à la difficulté de se procurer le matériel pyrénique. Ainsi l'on ne connaît encore que cinq des benzopyrènequinones, dont le nombre théorique s'élève déjà à 20 en se limitant aux seules positions 3, 5, 8 et 10 pour les carbonyles, et aux côtés du noyau pyrénique pour les benzos. Il est bien certain, cependant, que la série pyrénique ne doit pas le céder en intérêt à la série benzénique, comme on peut en juger déjà, du point de vue industriel, par divers colorants, et, du point de vue biologique, par les propriétés carcinogènes de certains benzopyrènes.

---

(1) Séance du 10 novembre 1941.

I. La théorie prévoit deux tétrabenzopyrènequinones (II) et (III). Nous avons obtenu l'une d'elles, la tétrabenzo-1.2.4.5.6.7.9.10-pyrènequinone-3.8 (III) ($C^{32}H^{16}O^2$) par une extension à nos études sur les naphtacènes. Elle se forme par cyclisation sulfurique de l'acide diphényl-10.12-naphtacènedicarboxylique-9.11 (IV), pris sous la forme de son ester éthylique [2]. On l'obtient en cristaux noirs, à reflets mordorés, fondant instantanément à 393-394°. Les solubilités sont très faibles; à 20°, elles atteignent, dans le benzène et le chloroforme, les valeurs respectives de $0^{g},0625$ et $0^{g},162$ par litre.

Le corps présente le dimorphisme : il se dépose normalement en petits cristaux d'apparence cubique, alors que, dans les premiers temps de l'étude, nous l'avions obtenu en longues aiguilles notablement plus solubles; mais, ainsi qu'il arrive souvent en pareil cas [3], dès que les cristaux de la forme cubique stable ont eu fait leur apparition, les aiguilles n'ont plus réapparu, de sorte que nous n'avons pu en déterminer les constantes.

Le mode de formation fixe la constitution. Il est du même genre que ceux qui ont servi à préparer d'autres pyrènequinones, en particulier un isomère du benzologue inférieur de notre produit, l'*homéocœrdianthrone* de Scholl et Meyer [4], qui est une tribenzopyrènequinone.

La nomenclature de Scholl et Meyer en cœrdianthrone ne pouvant pas

---

(2) Ch. Dufraisse et M. Loury, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 957.

(3) Voir entre autres Ch. Dufraisse et A. Gillet, *An. Chimie*, 10e série, **11**, 1929, p. 5.

(4) *Lieb. An.*, 512, 1934, p. 112.

être étendue, nous proposons pour la tétrabenzo-1.2.4.5.6.7.9.10-pyrène-quinone-3.8 (III) le nom de *ixone*, qui rappelle la forme en *x* du squelette de la molécule vue dans un sens oblique. Par suite l'hydrocarbure de même squelette, encore inconnu, s'appellera *ixène*.

Malgré leur apparence noire, les cristaux ont en réalité une couleur verte, extrêmement foncée, mais qui n'est visible par transparence que pour des lamelles ultraminces; même microscopiques, les cristaux ordinaires sont noirs, opaques. Les solutions, quoique fort diluées, ont une teinte verte intense. Le spectre d'absorption présente des bandes dont les sommets se trouvent respectivement, pour le visible, à 4600, 6350 et 6960 Å, cette dernière particulièrement intense, et, pour l'ultraviolet, à 3070, 2700 Å, avec une troisième bande plus lointaine encore et non repérée.

L'ixone est un colorant de cuve. Traitée par l'hydrosulfite alcalin, elle forme une cuve rouge orangé, donnant sur coton et rayonne une belle teinture verte, solide au débouillissage et au chlore, passablement solide à la lumière. La cuve est formée par l'ixène-hydroquinone (Vα), ($C^{32}H^{18}O^{2}$), cristaux jaunes très oxydables. Son ester diacétique, (Vβ), ($C^{36}H^{22}O^{4}$), est en cristaux jaunes, fondant instantanément à 256-257°. Les solutions de cet ester, jaunes également, sont fluorescentes et s'oxydent lentement en verdissant.

II. L'ixone est remarquable par la profondeur de sa teinte, le vert. Si on la compare à d'autres quinones pyréniques de complexité semblable en accolements de cycles, on est étonné des différences de couleur. Ainsi la pyranthrone (VI), qui groupe le même nombre de cycles autour du même noyau pyrénique, n'est qu'orangée; la teinte n'est encore que violette chez l'isoviolanthrone (VII), qui pourtant contient deux noyaux pyréniques emboîtés sur un hexagone commun, et qui porte, en outre, un cycle supplémentaire (neuf, au lieu de huit dans la pyranthrone et l'ixone). Pour atteindre le vert, teinte exceptionnelle chez les colorants non azotés, l'ixone doit contenir un ensemble puissamment chromophorique, que l'on ne voit pas immédiatement ressortir de sa constitution. Il faut mettre hors de cause, tout d'abord, une activité spéciale de l'enchaînement pyrénique, car on la retrouverait dans tous les colorants pyréniques, comme la pyranthrone (VI), et surtout l'isoviolanthrone (VII). La cause de l'approfondissement de la coloration n'est pas à rechercher, non plus, dans un mode plus étroit d'enchevêtrement des cycles. Au contraire, les quatre benzos de l'ixone sont unis au noyau par l'annellation la plus simple, comme dans la série des benzologues du benzène. Or, dans cette série, on observe deux sortes d'effets, suivant que l'on considère les quinones ou les hydro-

carbures : l'accolement d'un benzo exerce des effets plutôt hypsochromes chez les premières, et, au contraire, fortement bathochromes chez les seconds. Si l'on revient alors à la série des pyrènequinones, on note que l'effet produit par l'adjonction de benzos n'est pas le même suivant les positions. En 3.4 (ou 4.5) et 8.9 (ou 9.10) les benzos ont peu d'action : la pyrènequinone-3.8 simple (VIII), par exemple, et son dibenzodérivé en 4.5.9.10 (IX), ont à peu près la même teinte jaune (5). Mais en positions 1.2 (ou 6.7) (X), le benzo doit être beaucoup plus actif, si l'on en juge par la série des pyrènequinones-3.10, où la coloration passe du rouge, pour les dibenzo (5), au violet pour le tribenzo (4); on conçoit alors que l'addition simultanée à la structure IX de deux benzos en 1.2.6.7, d'où résulte l'ixone (III), puisse approfondir la couleur au point de l'amener jusqu'au vert. En somme, l'important pour l'effet bathochrome est l'annellation linéaire, strictement aromatique, c'est-à-dire sans fonction quinone sur la ligne des cycles, et, si l'ixone a une teinte aussi profonde, c'est moins comme pyrène que comme tétracène linéaire, en résonance avec une fonction pyrènequinonique, restée extérieure au chromophore naphtacénique.

Telle est sans doute la raison qui fait de l'ixone le colorant de cuve non azoté le plus simple connu, pour une couleur aussi profonde que le vert.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Le doublet interdit* $^4S - ^2D$ *de l'atome neutre d'azote dans le spectre de certaines aurores visibles à de basses latitudes.* Note (1) de MM. **Jean Dufay** et **Tcheng Mao-Lin**, transmise par M. Charles Fabry.

La connaissance des potentiels d'excitation des niveaux métastables ^2P et ^2D de l'atome neutre d'azote, situés immédiatement au-dessus du niveau normal ^4S, permet de prévoir l'émission de trois groupes de raies interdites. Nous rappelons ci-dessous leurs longueurs d'onde approximatives et les probabilités de transition correspondantes, calculées par Posternack (2) :

$^2D - ^2P$	10 398 Å	0,507 sec^{-1}
$^4S - ^2P$	3 466,5	0,0125
$^4S - ^2D$	{ 5 197,8 5 200,1	0,000053

(5) H. Vollmann, H. Becker, M. Corell et H. Streeck, *Lieb. An.*, 531, 1937, p. 1.

(1) Séance du 20 octobre 1941.

(2) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 51, 1939, p. 160.

Les raies infrarouges se trouvent dans une région spectrale encore mal connue. Le doublet ultraviolet (non résolu) a seul été excité par Kaplan dans la postluminescence de l'azote actif (3) et, bien qu'il ne figure pas dans les listes de radiations aurorales publiées par Vegard et ses collaborateurs, il a été observé par Bernard, à Tromsoë, dans le spectre d'aurores diffuses (4). Enfin, la présence du doublet $^4S - ^2D$ dans le spectre de certaines aurores a été controversée (5).

Slipher et Sommer avaient cru le reconnaître dans la radiation 5206 Å, photographiée en 1928 dans le spectre d'une aurore de basse latitude (6): cette identification a été combattue par Vegard, puis par Bernard. Cependant Slipher retrouvait la même radiation en 1932 dans des circonstances analogues, et l'un de nous, acceptant l'opinion de Slipher et Sommer, proposait en outre d'attribuer à la transition $^4S - ^2D$ la radiation 5194 Å photographiée par H. W. Babcock dans le spectre du ciel nocturne, radiation qui avait paru renforcée pendant une faible aurore. Mais les longueurs d'onde mesurées ne coïncidaient pas d'une manière satisfaisante avec celles des raies de l'azote et, se basant sur la longue durée de vie du niveau ^2D (plus de 5 heures), Nicolet concluait à l'*impossibilité complète* d'observer le doublet $^4S - ^2D$ dans le spectre de l'atmosphère terrestre (7).

Pendant l'aurore du 1er mars 1941, nous avons photographié avec Gauzit une faible radiation au voisinage de 5200 Å (8). Mais, tandis que le cliché obtenu avec notre spectrographe le moins dispersif (800 Å par millimètre vers 5200 Å) nous donnait une longueur d'onde comprise entre 5198 et 5201 Å, le cliché fourni par un spectrographe plus dispersif (450 Å par millimètre), muni d'une fente large, nous donnait 5206 Å.

L'aurore de longue durée du 18 septembre 1941, que nous avons observée dans d'excellentes conditions à l'Observatoire de Haute-Provence (Saint-Michel, Basses-Alpes), nous apporte enfin un résultat décisif. La radiation 5200 Å, étroite et beaucoup plus forte que le 1er mars, a été enregistrée au cours de quatre poses distinctes : trois poses de

---

(3) *Nature*, **141**, 1938, p. 1139.

(4) *Nature*, **141**, 1938, p. 1140.

(5) J. Dufay, *Annales d'Astrophysique*, **2**, 1939, p. 33 (voir dans cet article la bibliographie de la question).

(6) On admettait alors la longueur d'onde moyenne erronée 5206 Å pour le doublet S — D.

(7) M. Nicolet, *Ciel et Terre*, **55**, 1939, p. 257.

(8) J. Dufay, J. Gauzit et Tcheng Mao-Lin, *Cahiers de Physique*, 1941, p. 1 à 59.

2 heures chacune faites avec le même petit spectrographe que le 1er mars, une pose de 7 heures 20 minutes, faite avec le grand spectrographe, muni cette fois d'une fente fine. Les longueurs d'onde mesurées sur les trois spectres les moins dispersés sont comprises entre 5198 et 5200 Å. Sur le spectre à plus grande échelle, nous obtenons 5199 Å, avec une incertitude qui atteint au plus 1 Å.

Ainsi la longueur d'onde de la radiation observée déjà plusieurs fois dans le spectre d'aurores de basse latitude coïncide au moins à 1 Å près avec la longueur d'onde moyenne du doublet $^4S - ^2D$. Comme, d'autre part, son aspect diffère totalement de celui des bandes négatives de l'azote photographiées en même temps (3805, 3914, 4237, 4277, 4650 et 4708 Å), mais rappelle tout à fait celui de la raie 5577 Å de l'oxygène, la conclusion qu'il s'agit effectivement du doublet de l'azote s'impose.

On sait déjà que, dans la haute atmosphère, la plupart des molécules d'oxygène sont dissociées en atomes, mais on admet d'ordinaire que l'azote s'y rencontre uniquement à l'état moléculaire. L'observation de la raie 3466,5 Å a montré qu'il existait aussi parfois des atomes libres d'azote. L'observation du doublet 5199 Å prouve que, dans certaines circonstances au moins, les atomes d'azote peuvent être extrêmement abondants. Pour que le doublet apparaisse en effet, malgré la faible probabilité de la transition $^4S - ^2D$, il faut qu'un *nombre énorme* d'atomes d'azote se trouvent rassemblés sur le niveau ^2D. On ne peut dire s'ils proviennent directement de la dissociation de molécules excitées ou s'ils résultent de l'excitation d'atomes normaux préexistants.

Pendant les aurores du 1er mars et du 18 septembre, les raies rouges $^3P - ^1D$ de l'oxygène étaient beaucoup plus intenses que la raie verte $^1D - ^1S$, ce qui exige aussi une accumulation d'atomes d'oxygène sur le niveau métastable de moindre énergie. Ces aurores rouges, visibles à de basses latitudes intéressant généralement des régions atmosphériques beaucoup plus élevées que les aurores courantes des régions septentrionales, les particularités de leur spectre doivent sans doute être rattachées à leur très haute altitude.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La présence de* raies interdites *dans les spectres du ciel nocturne et de l'aurore et la constitution de l'atmosphère supérieure.* Note (1) de M. **Junior Gauzit**, transmise par M. Charles Fabry.

La présence de radiations interdites dans le spectre du ciel nocturne ou crépusculaire et dans l'aurore pose un problème sur lequel on n'a pas attiré suffisamment l'attention, celui des chocs subis par les atomes métastables.

Ainsi J. Cabannes et M. Garrigue (2) ont observé, pendant le crépuscule, l'émission particulièrement intense de la raie interdite 6300 Å de OI (transition $^1D \rightarrow {}^3P$) vers une altitude de 100^{km}. Or à cette altitude un atome subit environ 10^4 collisions par seconde, alors que la durée moyenne de vie de l'état métastable ^1D est 100 secondes. L'émission de la raie interdite dans de telles conditions est très surprenante et mérite une discussion. Il est impossible que des atomes échappent aux collisions : la théorie cinétique montre que le libre parcours n'est supérieur à 10 fois la valeur moyenne que pour une particule sur 22027. Par contre, il y a des chances pour que des atomes émettent la raie interdite avant la fin de leur vie moyenne : en effet la vie moyenne d'un état excité est, d'après la définition, le temps nécessaire pour que la moitié des atomes quittent spontanément cet état. Par un calcul analogue à celui qui intervient pour la radioactivité, on peut chercher la proportion d'atomes excités qui perdent spontanément leur excitation pendant un intervalle de temps *dt*. En prenant *dt* égal à l'intervalle moyen entre deux chocs dans l'atmosphère à 100^{km} d'altitude, on trouve que la proportion des atomes ^1D d'oxygène ayant eu le temps de rayonner avant de subir un choc est 7.10^{-7} environ, soit un nombre extrêmement faible. Si l'on considère maintenant, pour cette même altitude de 100^{km}, très voisine de la hauteur moyenne des aurores, le cas plus favorable de la raie verte aurorale 5577 Å (transition $^1S \rightarrow {}^1D$), dont l'état supérieur a une durée moyenne de vie de 0,5 seconde, on voit que 25^{at} à peine sur un million ont pu émettre la radiation avant un choc.

Une première conclusion s'impose : l'intensité des radiations interdites dans le ciel nocturne ou crépusculaire et dans l'aurore ne représente qu'une assez petite fraction de l'énergie absorbée pour l'excitation des niveaux métastables, la différence étant dissipée dans les chocs de seconde espèce.

---

(1) Séance du 3 novembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 484.

Il convient d'autre part d'examiner la nature des collisions. La probabilité pour qu'un atome perde son excitation par choc est grande si l'énergie disponible est voisine de l'énergie potentielle que peut acquérir la particule du choc; à cause de la complexité des molécules, qui possèdent un très grand nombre de niveaux énergétiques, la raison précédente explique pourquoi un atome métastable laisse fréquemment son excitation à la molécule qu'il rencontre. Ainsi la présence des molécules d'azote et d'oxygène, en quantités appréciables dans la région de l'atmosphère où sont excitées les raies interdites, réduirait leur intensité à une valeur très faible. Il faut donc que l'azote et l'oxygène soient complètement dissociés à l'état atomique au-dessus de 100^{km}, les molécules n'étant plus présentes qu'à l'état de traces ([3]). (L'existence de quantités minimes d'azote moléculaire, dont l'excitation est très facile, suffit pour expliquer le spectre de bandes de l'aurore.)

La dissociation partielle de l'oxygène dans l'atmosphère supérieure est admise par de nombreux auteurs; on l'attribue généralement à l'absorption, pendant le jour, de la lumière solaire de longueur d'onde inférieure à 1750 Å, au delà des bandes de Schumann-Runge. Quant à la dissociation de l'azote, elle est beaucoup plus surprenante. Pourtant l'existence d'azote atomique dans les hautes couches de l'atmosphère a été récemment démontrée par l'observation des raies interdites $^2P \rightarrow {}^4S$, à 3466 Å ([4]), et $^2D \rightarrow {}^4S$, à 5199 Å ([5]), dans des spectres auroraux. Mais les considérations précédentes apportent une affirmation plus précise, en montrant que l'azote et

([3]) On ne peut pas calculer quelle est la proportion de molécules, mais on peut évaluer très grossièrement de la manière suivante à 5 ‰ *au maximum* le rapport des chocs qui font perdre leur excitation aux atomes ^1D d'oxygène vers 100^{km} : si tous les atomes, se trouvant à l'état ^1D après émission de la raie 5577 Å, retombaient spontanément au niveau normal, la raie 6300 Å devrait avoir une intensité énergétique égale à 0,7 environ de celle de la raie verte, à condition, bien entendu, qu'il n'y ait pas excitation directe de l'état ^1D. Or Vegard et Tönsberg (*Geofysiske Publikasjoner*, Oslo, 9, n° 16) estiment à 0,04 environ dans les aurores de basse altitude le rapport des intensités des raies; on peut alors calculer quel est l'intervalle de temps entre deux chocs provoquant le retour à l'état normal sans émission et l'on compare cette valeur avec la fréquence des chocs à 100^{km}.

([4]) R. Bernard, *Nature*, **141**, 1938, p. 1140; *Bulletin de la Société française de Physique*, 10, 1939, p. 157.

([5]) Cette radiation, probablement observée plusieurs fois dans les aurores, vient d'être définitivement identifiée par J. Dufay et Tcheng Mao-Lin (*Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 692).

l'oxygène atomiques doivent être les constituants *essentiels* de l'atmosphère supérieure.

On aurait pu penser, pour expliquer l'élasticité des chocs, à reprendre la vieille hypothèse d'une atmosphère supérieure formée surtout d'hélium : mais elle est incompatible avec l'observation des raies interdites, qui exige la présence d'un nombre très grand d'atomes d'oxygène et d'azote.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le rôle des différents constituants cellulaires dans la survie, en particulier du chondriome.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Lorsqu'on traite une cellule des poils aériens de Courge par une solution diluée d'acide acétique, on peut obtenir des modifications de structure du noyau qui sont réversibles et qui, d'autre part, sont suivies d'une reprise de la vie cellulaire active (cyclose). On pourrait imaginer des cellules dont le noyau reprendrait sa structure première après un changement provoqué, sans que la vitalité cellulaire soit récupérée : c'est même dans ces conditions que Belar (1) autrefois a décrit ce qu'il appelait une *floculation réversible*, opposée par lui à la coagulation dont le caractère est d'être au contraire irréversible. On voit que nos résultats sont différents, car, dans nos expériences, il y a toujours reprise de la cyclose lorsque le noyau a *récupéré* dans un temps normal.

On peut s'étonner que la capacité de survie du cytoplasme, attestée par le pouvoir de reprise cyclosique, ne puisse pas être rendue indépendante de la capacité de survie du noyau, qu'on peut évaluer par sa faculté de retour à la structure première. On sait en effet, par différents moyens, éliminer le noyau d'une cellule, et les expérimentateurs sont d'accord pour affirmer dans ce cas la persistance de la circulation cytoplasmique en l'absence de noyau. Nous avons dernièrement vérifié ce fait sur les poils radicaux d'*Hydrocharis morsus-ranæ* au moyen d'une expérience qui semble bien nouvelle : les noyaux, dans cette plante, étant logés dans la base des poils radicaux, on peut, par une section au moyen d'un fin scalpel, obtenir un fragment apical anucléé par lequel cependant la cyclose persiste assez longtemps.

(1) *Ueber die reversible Entmischung des lebenden Protoplasmas* (*Protoplasma*, 7, 1929, p. 209).

Par conséquent, puisqu'il est bien établi par les expériences de mérotomie que le noyau n'est pas indispensable à la survie du cytoplasme, on pourrait, semble-t-il, espérer obtenir cette survie dans une cellule à noyau nécrosé. Le fait que cette survie n'est pas possible, au moins dans nos premières expériences, pourrait montrer que la nécrose du noyau s'accompagne d'une émission dans le cytoplasme de substances toxiques.

Le problème posé au sujet du noyau peut être envisagé maintenant pour les plastes et pour les mitochondries : en ce qui regarde les premiers de ces éléments, on sait qu'une cellule privée de ses plastes peut vivre normalement, au moins chez les organismes inférieurs (cellule apoplastidiée); on est par contre beaucoup moins renseigné sur les possibilités de vie ou de survie d'une cellule privée de chondriome, et le problème lui-même a été très rarement abordé (par exemple au moyen de la centrifugation). Or, par notre méthode, il est possible d'altérer considérablement le chondriome, ou même de le détruire, tout en laissant la faculté d'une certaine survie cellulaire : on se trouve donc dans des conditions favorables pour obtenir expérimentalement des cellules privées de chondriome.

Les cellules des poils aériens de Courge ou d'*Ecballium* se prêtent bien à ces expériences : c'est ainsi qu'une solution d'acide acétique au millième provoque le gonflement puis la cavulation des chondriosomes; si l'on arrête cette action, au moment voulu, par retour dans l'eau, la cellule reprend son mouvement de cyclose, mais le chondriome continue son évolution jusqu'à une destruction qui paraît complète, et l'on a alors l'exemple d'une cellule à vitalité conservée et cependant privée de ses mitochondries.

Ces expériences, on s'en doute, sont assez délicates à réaliser; lorsqu'on cherche à détruire complètement le chondriome, on s'aperçoit que les éléments de ce système sont diversement résistants : alors que certains chondriosomes sont transformés en sphérules creuses ou même lysés totalement, et que d'autres finissent par former des vésicules à parois minces, très distendues, très déformables, d'autres, plus rares, peuvent être seulement hypertrophiés. Il n'y a pas, d'autre part, une grande marge entre les conditions permettant la survie de la cellule et celles qui amènent la destruction totale ou presque totale du chondriome. Le fait de la survie du cytoplasme après destruction ou très forte altération des chondriosomes a pu néanmoins être observé à diverses occasions.

Il arrive souvent que le cytoplasme des cellules en voie de reprise renferme côte à côte des chondriosomes cavulisés en sphérules et d'autres chondriosomes en grains ou en bâtonnets normaux, sans trace d'altération. Il

est difficile de connaître l'origine de ces chondriosomes, et deux hypothèses peuvent être envisagées : ou bien les chondriosomes les moins modifiés peuvent ultérieurement régulariser leur forme et reprendre l'état antérieur, ou bien il y a néoformation d'une certaine quantité de mitochondries dans la cellule qui en avait été privée expérimentalement. Ces deux hypothèses d'ailleurs ne s'excluent pas et, dans tous les cas, la néoformation des mitochondries nous paraît non seulement possible, mais probable.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Fumariacées. La différenciation des régions fondamentales du corps chez le* Fumaria officinalis *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Après formation, aux dépens de la cellule basale du proembryon bicellulaire et de la cellule-fille inférieure de la cellule apicale, de gros macromères qui entrent dans la construction d'un suspenseur *sensu stricto*, la cellule *cc*, fille supérieure de la cellule apicale, se trouve composée de huit micromères comparables aux huit octants que l'on observe, à ce même stade, chez le *Medicago Lupulina* [1]. Les huit octants de la Lupuline toutefois résultent de la segmentation transversale de quatre quadrants régulièrement disposés autour de l'axe dans un plan horizontal, tandis que les huit micromères de la Fumeterre sont le produit de deux bipartitions au sein de deux éléments, *ce* et *cf*, tout d'abord séparés par une paroi transversale. En outre, les quatre micromères supérieurs de la Fumeterre, originaires de *ce*, sont disposés en tétraèdre généralement, et l'un d'eux, celui du sommet, fonctionne comme cellule épiphysaire.

Le plus souvent, la cellule épiphysaire prend une cloison verticale séparant deux éléments juxtaposés (*fig.* 6); des cloisons périclines, individualisant les initiales de l'épiderme vers l'extérieur et les initiales de l'écorce de la tige vers l'intérieur, peuvent apparaître ensuite dès ce stade. Il faut reconnaître que les processus de division dans la cellule épiphysaire sont assez variables; ils conduisent à la formation d'un massif cellulaire qui offre divers aspects et dont les limites, vers l'intérieur, ne sont pas toujours bien tranchées. Les trois autres éléments du groupe tétraédrique terminal, placés sous l'épiphyse, produisent la partie cotylée *sensu stricto*. Il est difficile de définir exactement les règles selon lesquelles ils se segmentent; en 3, deux d'entre eux sont en train de se diviser transversalement; en 7, 8, 9, des divisions périclines ont précédé les divisions transversales. Au voisinage de l'axe, il se constitue généralement

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 528; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 93.

une ou deux couches cellulaires (*fig.* 10 à 18). Sur les bords, les segmentations sont surtout transversales ou anticlines; elles président à la génération des cotylédons.

Les quatre éléments dont se compose l'assise *cf* (*fig.* 1), comparables à des octants inférieurs, se divisent transversalement pour donner deux assises quadricellulaires *ph* et *h* (*fig.* 2 à g., 3, 6 à d.). Parfois, des parois verticales précèdent les parois transversales (*fig.* 5 et 6 à g.). L'assise *ph* va donner naissance à la partie hypocotylée.

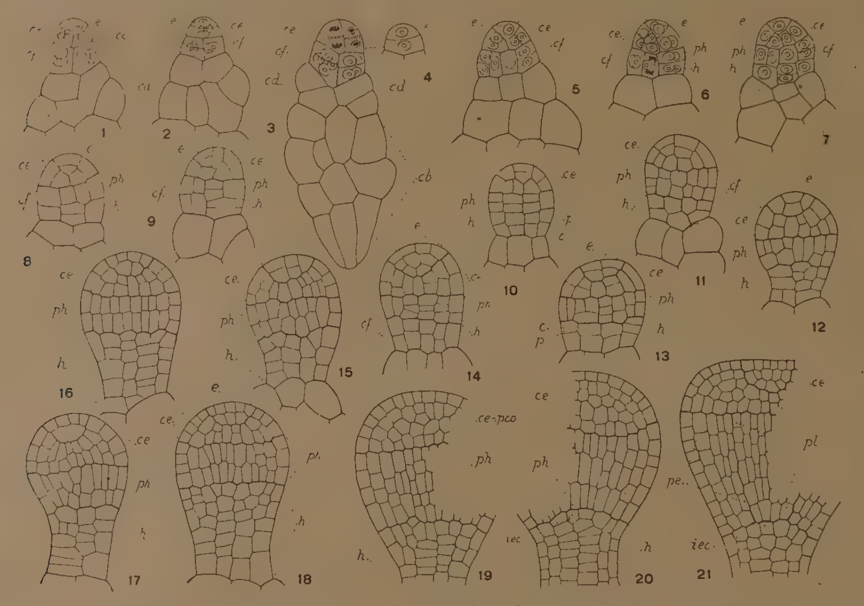


Fig. 4 à 21. — *Fumaria officinalis* L. — L'origine des régions fondamentales du corps. *cc*, embryon proprement dit; *cb* et *cd*, partie inférieure et partie supérieure du suspenseur *sensu stricto*; *ce*, partie cotylée; *e*, épiphyse; *cf*, groupe générateur de la partie hypocotylée et de l'hypophyse; *ph*, partie hypocotylée; *h*, hypophyse; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. = 280.

Les figures 6 à 19 permettent de se rendre compte de la marche de la segmentation dans les cellules qui la composent. Il apparaît d'abord des parois longitudimales, puis il se différencie, par cloisons transversales, deux nouvelles assises (*fig.* 9 à 11) qui demeurent assez longtemps distinctes. Au moment de la naissance des protubérances cotylédonaires, les divisions transversales et longitudinales, dans cette région, se multiplient; les cellules deviennent plus étroites et s'allongent; c'est à ce moment seulement que les trois histogènes se montrent nettement différenciés (*fig.* 21). L'assise *h* produit un gros massif hypophysaire. Les quatre cellules circumaxiales qui la constituent normalement tout d'abord (*fig.* 3), se segmentant longitudinalement et transversalement (*fig.* 7 à 11), engendrent deux nouvelles couches cellulaires qui se montrent composées, en coupes longitudinales, d'éléments centraux, *c*, et d'éléments périphériques, *p* (*fig.* 10, 13).

Dans ces éléments, la segmentation procède selon des règles tout à fait comparables à celles qui ont été décrites au sujet de *Medicago Lupulina*. Bien que, à un certain moment, il soit assez difficile de bien reconnaître les limites entre les étages *ph* et *h*, on peut tenir néanmoins comme certain que les éléments centraux, *c*, de la couche supérieure produisent les initiales de l'écorce de la racine, et que les éléments périphériques de la même assise entrent dans la construction des parties latérales de la coiffe. Les éléments de la couche inférieure, en se segmentant surtout transversalement, engendrent un large pédicule reliant l'embryon proprement dit au suspenseur et contribuent à la génération de la portion centrale de la coiffe. Pour tout ce qui concerne la construction de cette région du corps de l'embryon, les plus étroits rapports peuvent être établis avec ce qui a déjà été observé chez le *Medicago*, le *Trifolium* et les Géraniacées (²).

En définitive, les données essentielles qui se dégagent de l'étude embryogénique du *Fumaria officinalis*, celles tout particulièrement qui concernent l'origine et le mode de séparation des premiers blastomères, la disposition en tétraèdre des quatre éléments supérieurs assimilables à des octants, les destinées des différents étages proembryonnaires permettent de considérer le *Fumaria* comme représentant un nouveau type embryonomique, qui se rattache au 13ᵉ groupe et au mégarchétype VI de la 2ᵉ grande division de la classification périodique (³).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Morphose cladosporioïde chez* Fusicladium pirinum. Note de MM. **Georges Viennot-Bourgin** et **Athanase Saccas**.

Les Champignons causant les Tavelures des Rosacées cultivées et sauvages, par la conformation du conidiophore et la nature des conidies, peuvent être divisés en trois groupes morphologiques :

Le premier groupe, représenté par *Fusicladium dendriticum* du Pommier, se caractérise par des conidiophores cylindriques, non ramifiés, présentant des zones d'accroissement sous forme de plis transversaux successifs, et chaque conidiophore émet à son sommet une seule conidie à la fois. Dans ce groupe il y a lieu de comprendre les *Fusicladium* des *Sorbus*, une espèce particulière à *Cratægus pyracantha* et la forme sur *Eriobotrya japonica*.

Le second groupe comporte *Fusicladium pirinum* ou Tavelure du Poirier,

---

(²) R. Souèges, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1565; **177**, 1923, p. 556.
(³) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, II, Paris, 1939, p. 83.

dont les conidiophores, d'abord cylindriques, puis tortueux, à croissance indéfinie, émettent des conidies fixées sur de petites tubérosités latérales. *Fusicladium cratægi* se rapproche de cette espèce.

Le troisième groupe est figuré par *Cladosporium carpophilum* connu en Europe et en Amérique sur le Pêcher, décrit également sous les noms de *Fusicladium cerasi*, *F. pruni*, *F. amygdali* etc. Il se caractérise par des conidiophores, comparables à ceux de *Fusicladium pirinum*, émettant des conidies groupées en chaînes courtes de deux ou trois éléments.

Tandis que les espèces du premier groupe demeurent bien isolées morphologiquement, les appareils conidifères des deuxième et troisième groupes présentent par contre entre eux de grandes affinités de structure qui s'accentuent encore davantage si l'on considère le mode de formation des conidies.

Des tissus vivants de *Pirus malus*, *Malus communis* et de *Persica vulgaris*, attaqués respectivement par *Fusicladium pirinum*, *F. dendriticum* et *Cladosporium carpophilum*, ont été disposés en atmosphère saturée d'humidité et soumis à des températures variant entre 12° et 20°. Des prélèvements effectués 36 heures après permettent d'établir que les conidies de *Fusicladium dendriticum* (premier groupe) se forment constamment isolément et germent dans les conditions ci-dessus à raison de 80 %, en émettant habituellement un seul tube germinatif terminal.

Les conidies de *F. pirinum* et de *Cladosporium carpophilum* peuvent, dans les conditions normales de culture, se former isolément, chaque conidie se détachant du conidiophore dès qu'elle a acquis son volume définitif (c'est le mode de formation habituel pour *Fusicladium pirinum* et fréquent pour *Cladosporium carpophilum*). Cependant, dans les conditions mentionnées plus haut, il se constitue régulièrement pour les deux espèces des chaînes conidiennes courtes composées de deux ou trois éléments au plus, l'élément basilaire qui rattache la chaîne au conidiophore pouvant être interprété comme une ramification de celui-ci, ou, au contraire, comme une conidie anormale dans sa forme et sa position.

L'insertion de la conidie sur le conidiophore est réalisée par la présence sur celui-ci d'une tubérosité courte, conique, arrondie, qui remplit une petite concavité située à la base de la première conidie de la chaîne. Ce système d'articulation paraît permettre une certaine mobilité à l'ensemble de la chaîne et en explique le détachement facile dès sa base.

Le rattachement d'une conidie à la conidie suivante est marqué par un plateau étroit situé à la base de la spore. L'existence de ce plateau ou son

absence précisent la position de la conidie sur la longueur de la chaîne. En effet, quand la conidie est terminale, elle se présente avec un seul plateau basilaire, son extrémité étant prolongée en bec court et arrondi ou quelquefois marqué de l'amorce de la conidie suivante. Par contre, quand la conidie est intercalaire, elle prend l'aspect d'un fuseau également tronqué à ses deux extrémités par suite de la présence d'un autre élément de part et d'autre de la conidie considérée.

Il peut donc être admis que, indépendamment de la constitution d'un groupement cladosporioïde des conidies qui peut être observé en place dans certaines conditions pour *Cladosporium carpophilum* et *Fusicladium pirinum*, ces deux espèces se caractérisent par des spores douées d'hétérogénéité liée à leur position respective sur la chaîne conidienne. Cette hétérogénéité constitue un caractère toujours visible et spécifique pour les Tavelures du Pêcher, du Prunier, de l'Amandier, du Cerisier et, dans certaines conditions, du Poirier.

Au contact de leur support naturel, les conidies de *Fusicladium pirinum* germent en émettant un à trois filaments par spore dont un seul aboutit à la formation d'un appressorium s'appliquant sur la cuticule qui se trouve ensuite perforée directement. L'hyphe primaire se développe bientôt en un stroma intracuticulaire ou intra-épidermique, glissant quelquefois jusque dans le tissu palissadique. Dans un milieu caractérisé par une humidité saturée et une température relativement élevée, ces conidies germent soit par filament, soit par bourgeonnement. La germination par filament s'effectue comme précédemment dans les premières phases de la croissance, mais au lieu de produire un appressorium, l'extrémité est capable de se renfler en un organe plus ou moins complexe sur lequel s'effectue le bourgeonnement conidien ou qui porte directement une conidie secondaire séparée de la première par la longueur du tube germinatif. Cette conidie secondaire est susceptible de germer à son tour.

Le bourgeonnement conidien s'accomplit à la manière d'une levure, en donnant naissance à un court chapelet de spores comparables en forme et en dimensions.

L'existence de conidies groupées sous forme de chaînes courtes chez *Cladosporium carpophilum* et *Fusicladium pirinum*, jointe à la conformation particulière du conidiophore, peut permettre de définir une *disposition cladosporioïde*. On sait en effet que le genre *Cladosporium* se distingue fondamentalement du genre *Fusicladium* par le groupement des conidies en chaînes. Les observations qui viennent d'être rapportées montrent que

cette distinction n'a rien d'absolu, et que l'espèce sur Amygdalées (rangée initialement dans le genre *Cladosporium*), de même que l'espèce sur *Pirus malus* (comprise dans le genre *Fusicladium*), constituent plutôt un groupe partitulier indépendant morphologiquement des *Fusicladium*, et pouvant être séparé biologiquement des autres espèces du genre *Cladosporium* au même titre que les *Fusicladium* peuvent l'être des espèces rangées dans le genre *Passalora*.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La survie de Souris, de lignée et d'âge différents, après une seule irradiation totale par les rayons* X. Note de Mme N. **Dobrolvolskaïa-Zavadskaïa**, M. S. **Vérétennikoff** et Mme M. **Rodzévitch**.

L'effet d'irradiation totale a été surtout étudié au point de vue des modifications produites dans le sang, dans les organes hémato-poïétiques ([1]) etc.

Cette Note préliminaire est basée sur l'observation de 325 Souris (170 mâles et 155 femelles) ayant subi une seule irradiation totale. Les animaux, en séries de 6, ont été maintenus dans une boîte ronde, de bois mince, et irradiés dans les conditions physiques suivantes : distance anticathode-peau 40^{cm}, tension 155 kV environ, intensité 5 mA, filtration 1^{mm} d'aluminium; la dose variait dans la majorité des cas de 600 à 650 *r* et la durée de 10 à 15 minutes; 71 mâles et 62 femelles ont reçu des irradiations variées plus fortes et plus prolongées (jusqu'à 50 minutes).

La première constatation qui se dégage de ces observations est que l'augmentation de la dose et de la durée de l'irradiation (toutes les autres conditions restant les mêmes) raccourcit progressivement la survie de l'animal, mais jusqu'à un certain degré seulement; ainsi les 99 mâles irradiés de 10 à 15 minutes ont survécu de 5 à 15 jours, les 65 mâles irradiés pendant 20 minutes ont survécu de 3 à 6 jours, et les 6 mâles irradiés pendant 40 minutes sont morts en 4 à 5 jours, c'est-à-dire après les délais se trouvant dans les limites de survie de ceux du groupe précédent.

Le deuxième point à retenir est la différence de résistance entre les deux sexes. Tandis que sur 170 mâles on n'a obtenu qu'un seul cas de survie de 15 jours (tous les autres animaux étant morts auparavant), sur

---

([1]) A. Lacassagne et J. Lavedan, *Paris Médical*, **14**, 1924, p. 97; H. Langendorf, *Strahlentherapie*, 55, 1936, p. 307; K. Mardersteig, *Strahlentherapie*, **61**, 1938. p. 107.

151 femelles, 43 sont mortes après ce délai, dont 27 après des survies dépassant 60 jours; les survies maximales étaient de 323, 327, 388, 392, 397, 453 et 508 jours.

La question du sexe se rattache peut-être à celle de l'âge. Les femelles qui ont vécu le plus longtemps étaient d'âge moyen (de 9 à 13 mois au moment de l'irradiation), âge qui est un peu moins représenté parmi nos mâles irradiés. Néanmoins, deux femelles de 26 mois sont mortes l'une 145 jours et l'autre 278 jours après l'irradiation. A l'autre extrême, une femelle de moins d'un mois a survécu 8 jours, tandis que parmi les autres femelles irradiées en même temps et âgées de 13 à 14 mois, l'une est morte le lendemain et 4 restantes de 10 à 24 jours après la séance.

Nous arrivons maintenant au dernier problème faisant le sujet de cette Note, à savoir le rôle du facteur constitutionnel dans la réaction de l'organisme sur une irradiation générale. Plusieurs lignées, sélectionnées au point de vue de leur rapport au cancer, ont été utilisées dans ces expériences. Les mâles des lignées XVII, XXX, XXXIX, XLI et R III ont tous donné des résultats superposables et dans les limites de courtes survies, c'est-à-dire moins de 16 jours. Deux lignées seulement (lignées XLI et XLII) ont donné des survies longues chez les femelles.

Les 12 femelles de la lignée XLII, âgées de 8 à 13 mois, ont été irradiées avec la dose de 630*r*; 10 de ces femelles ont vécu de 135 à 222 jours et 2 seulement sont mortes l'une 19 jours et l'autre 23 jours après l'irradiation. Ce résultat peut être rapproché de celui obtenu dans la lignée XXXIX, dont 12 femelles âgées de 9 à 18 mois ont été irradiées avec une dose moindre (600*r*); pourtant elles sont toutes mortes après des délais ne dépassant pas 18 jours. D'autre part, sur 92 femelles de la lignée XLI, 14 ont survécu plus de 145 jours (jusqu'à 508 jours), donc la proportion des longues survies est moindre dans la lignée XLI que dans la lignée XLII, mais la durée de survie dans les cas individuels (même dose 630*r* que pour la lignée XLII) est beaucoup plus importante.

Les observations exposées plus haut peuvent être résumées de la façon suivante :

1° Le doublement d'une dose de rayons X (irradiations de 20 et de 40 minutes) ne produit pas d'effet proportionnel sur le raccourcissement de la survie, un laps de temps suffisant étant nécessaire pour que les modifications fatales se produisent dans l'organisme.

2° Les animaux de sexe mâle se sont montrés beaucoup moins résistants à l'irradiation totale que les animaux de sexe femelle.

3° L'âge semble également jouer un certain rôle dans la résistance de l'animal, les femelles d'âge moyen ont présenté des survies les plus longues.

4° L'importance du facteur constitutionnel s'est manifestée, dans des conditions comparables, par des survies dissemblables chez les femelles de trois lignées (lignées XXXIX, XLI et XLII); tandis que pour la lignée XXXIX les survies obtenues sont superposables à celles observées chez les mâles, dans la lignée XLII elles remontent jusqu'à 222 jours et dans la lignée XLI jusqu'à 508 jours après l'irradiation ([2]).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la cinétique de l'oxydation de la vitamine C dans des solutions d'acide métaphosphorique. Application au dosage.* Note ([1]) de M. **Antonio Sosa**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide *l*-ascorbique (vitamine C) étant un corps très facilement oxydable, le problème de sa conservation en solution aqueuse s'est posé dès le début et le procédé le plus commode proposé jusqu'à ce jour demeure celui donné par Fujita et Iwatake dès 1935, qui consiste à ajouter de l'acide métaphosphorique à la solution vitaminique. Divers auteurs conseillent des concentrations en PO^3H allant de 2 à 50 %.

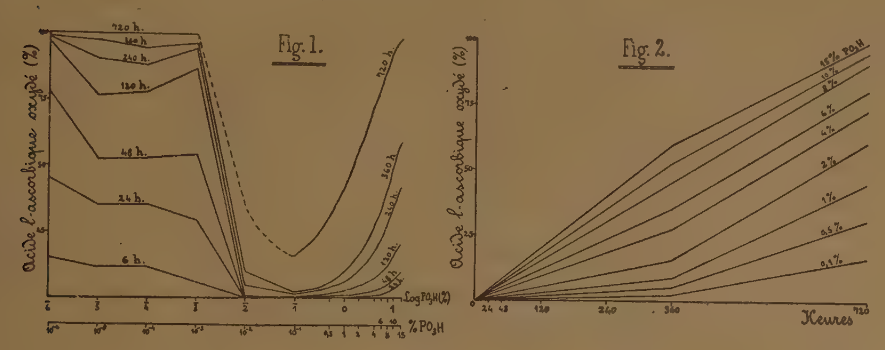
En vue de déterminer les meilleures conditions de conservation de l'acide ascorbique, nous étudierons la marche de son oxydation dans des solutions de PO^3H de concentrations variées et aux températures de laboratoire et de la glacière. L'acide métaphosphorique est, comme on le sait, peu stable et se transforme peu à peu en acides pyro et orthophosphoriques, en présence d'eau. La qualité employée de PO^3H dans ces essais est une variété dite pure du commerce.

Les dosages du pouvoir réducteur des solutions sont effectuées au bout de temps allant de 6 à 720 heures, par microiodométrie. La figure 1 exprime l'ensemble des résultats obtenus à la température de 16° pour une concentration en acide *l*-ascorbique de 400^{γ} par centimètre cube et avec des teneurs en PO^3H allant de 10^{-6} à 15 %. Les abscisses indiquent le log des concentrations en PO^3H employées, les ordonnées le pourcentage d'acide ascorbique oxydé au bout des temps indiqués sur chaque courbe.

([2]) Ce travail a été fait en partie sous les auspices de l'*International Cancer Research Foundation*, président M. William H. Donner, D. Sc.

([1]) Séance du 10 novembre 1941.

Nous trouvons un minimum d'oxydation pour des concentrations relativement faibles en PO^3H, au voisinage de 0,1 % (pH 2,6-2,7 [2]), et par conséquent une conservation notablement plus longue; ce même phénomène se retrouve lorsqu'on opère avec des teneurs plus faibles en vitamine C, par exemple 50$^\gamma$ par centimètre cube.



On observe une décroissance brusque des courbes entre les concentrations de 10^{-3} et 10^{-2} % pour atteindre le minimum à 10^{-1} de PO^3H; on voit ensuite que pour les concentrations plus fortes les courbes prennent une même allure régulière. On peut interpréter ce brusque changement de propriétés comme traduisant la formation d'un composé d'addition, peut-être un sel d'oxonium. La genèse de celui-ci aurait donc besoin d'une concentration optimum de 0,1 % en PO^3H. Les montées ultérieures des courbes pour les concentrations supérieures pourraient être dues soit au dédoublement dudit complexe, soit à la disparition de l'acide métaphosphorique, ce qui entraîne la diminution du pouvoir antioxydant de la solution. En effet une solution d'acide ascorbique ($1^{cm^3} = 50^\gamma$), selon que l'on se trouve en présence d'acide méta, pyro ou ortho en concentrations équimoléculaires ($0^{mol},0125$), se détruit dans les proportions suivantes, au bout de 13 heures à 20° : avec PO^3H 0 %, $P^2O^7H^4$ 39 %, PO^4H^3 48 %. De toutes les façons, l'oxydation dans l'acide métaphosphorique à 8 %, et pour une durée d'un mois, a lieu selon une fonction linéaire du temps (*fig.* 2). Au-dessous et au-dessus de cette concentration, on remarque dans les droites un point anguleux vers le 15e jour, ce qui traduit un autre changement dans le sein de la solution.

---

(2) Le pH optimum indiqué dans la bibliographie se trouve dans la zone 1,6-2,2.

En ce qui concerne les essais effectués à la température de la glacière (3°), nous observons qu'au bout d'un mois le titre d'une solution d'acide *l*-ascorbique ($1^{cm^3} = 50\gamma$) dans PO^3H à 0,1 % est inchangé à 1 % près. On peut donc utiliser une solution titrée d'acide ascorbique pendant un temps assez long sans altération sensible.

Application au dosage. — Tillmans a proposé une méthode de dosage de la vitamine C par tritrimétrie avec le réactif de Schuchardt (2.6-dichlorophénolindophénol) jusqu'à persistance de la coloration bleue ou rouge (selon le pH) pendant un temps très variable d'après chaque auteur. Appliquant les données précédentes, nous employons la microtechnique qui suit, en vue d'éliminer notamment ce facteur d'incertitude (temps de virage); nous l'avons ainsi transformé en une *méthode de décoloration*. Son application au dosage de l'acide ascorbique dans les solutions pures et chez les végétaux nous a donné les résultats les plus satisfaisants. Voici le mode opératoire : $0^g,2$ du matériel frais est broyé avec $3^g,2$ de $SO^4(NH^4)^2$ pur, un peu de quartz ou sable et 4^{cm^3} d'eau ([3]). Du filtrat incolore ([4]) on prélève un volume déterminé que l'on verse sur 2^{cm^3} d'une solution aqueuse de 2-6-dichlorophénolindophénol ($1^{cm^3} = 150\gamma$) auquel on ajoute $0^{cm^3},3$ de PO^4H^3 0,1 M. Le colorant en excès est titré, par retour, jusqu'à décoloration, par la solution titrée d'acide *l*-ascorbique conservée à 3° en présence de PO^3H. On dose de la même façon 2^{cm^3} de la solution de l'indophénol par l'acide ascorbique. La différence de volumes utilisés multipliée par 50 donne la teneur en γ de vitamine C contenue dans le volume de filtrat prélevé.

Nous avons utilisé cette technique avec succès dans l'analyse d'un grand nombre de plantes. Les chiffres obtenus concordent avec ceux donnés par la méthode spectrophotométrique de Chevallier et Choron (1937).

On voit que, contrairement aux procédés en usage jusqu'à présent, il n'est pas nécessaire d'employer des solutions de PO^3H de concentrations supérieures à 0,1 % dans les conditions envisagées.

([3]) Au cours de nos dosages, nous avons remarqué qu'en ajoutant 1 goutte de PO^4H^3 sirupeux pendant le broyage, nous obtenons des résultats exacts, alors que, dans le cas contraire, il y a une légère perte en vitamine C. L'acide ascorbique introduit est ainsi intégralement retrouvé.

([4]) Pour obtenir des résultats précis, si l'on ne veut pas ramener à un volume déterminé, il faut naturellement tenir compte de la teneur en eau du matériel et de l'augmentation de volume par addition de sulfate d'ammoniaque ($1^{cm^3} \rightarrow 1^{cm^3},40$).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le passage du tocophérol dans le sang et la possibilité d'un test direct d'avitaminose* E. Note de M[lle] **Andrée Vinet** et M. **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les seuls documents que nous possédions sur la présence dans le sang du tocophérol (vitamine E) sont dus à Emmerie et Engel (¹). Ces auteurs ont soumis à leur réaction colorée au dipyridyle l'insaponifiable du sérum sanguin obtenu à froid et privé de la vitamine A et des caroténoïdes par adsorption. Ils trouvent ainsi $0^{mg},025$ de tocophérol pour 100^{cm^3} de sérum de bœuf. Dans le sérum de la rate carencée, ils trouvent une teneur voisine, qui peut s'élever à $2^{mg},07$ cinq heures après administration de 5^{mg} de vitamine.

Nous avons repris l'étude du passage dans le sang du tocophérol en utilisant notre réaction au ferricyanure ferrique (²). Après divers essais non satisfaisants, nous avons renoncé à tout traitement alcalin préalable du sérum, même à froid. Nous procédons à une *extraction directe* par le chloroforme du sérum déshydraté au moyen du sulfate de sodium anhydre : l'agitation du mélange semi-solide correspondant à 10^{cm^3} de sérum avec 25^{cm^3}, puis avec 10^{cm^3} de solvant, suffit, comme nous nous en sommes assurés, à entraîner la vitamine E. Ce procédé n'extrait qu'une fraction négligeable de la vitamine A du sang et un peu de ses caroténoïdes. Ceux-ci sont évalués par colorimétrie directe, et leur pouvoir réducteur vis-à-vis du ferricyanure ferrique peut ainsi être calculé et soustrait de la réduction totale fournie par l'extrait chloroformique de sérum. L'effet des caroténoïdes est d'ailleurs contrôlé par l'étude cinétique de la réaction (²). Sur le chiffre de la réduction pris à la quinzième seconde, la correction indiquée n'atteint jamais 20 %.

Grâce à cette technique d'extraction sans saponification, nous pouvons avancer que le tocophérol, au moins pour sa majeure partie, se trouve dans le sang porteur de son oxhydrile phénolique *libre*, c'est-à-dire susceptible d'une oxydation *directe*. On remarquera qu'il en est de même dans les huiles végétales (²).

Nous avons d'abord vérifié chez le Lapin que l'injection de tocophérol

---

(¹) *Rec. Trav. chim. des Pays-Bas*, 58, 1939, p. 283 et 895.

(²) P. Meunier et M[lle] A. Vinet, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 611.

fait très rapidement monter le taux de la vitamine E du sérum, par exemple de 3 à $6^{mg},6$ pour 100^{cm^3}, en quelques heures (injection de 30^{mg} pour un lapin de 2^{kg}). Chez l'Enfant, l'injection intramusculaire de 250 à 500^{mg} de tocophérol synthétique ([3]) est toujours suivie également d'une forte élévation de la vitamine E sérique.

Nous avons ensuite voulu connaître les fluctuations du taux de vitamine E du sérum sous le seul effet des variations alimentaires. Pour cela, nous nous sommes adressés au Lapin, animal très rapidement carençable en vitamine E et sur lequel on peut aisément répéter les prises de sang.

Lorsque des lapins sont mis au régime de Morgulis n° 13 ([4]) (flocons d'avoine, caséine, son, huile de foie de morue traités en de certaines conditions par le chlorure ferrique et lait écrémé en poudre), le taux de leur vitamine E sérique s'effondre en quelques jours : en moins d'une semaine, il peut passer de $4^{mg},8$ à 0 pour 100^{cm^3}. Si l'on s'adresse à de jeunes lapins de six semaines, leur croissance ne tarde pas à se ralentir et à s'arrêter (20 à 25 jours); les lapins meurent atteints d'intenses phénomènes de paralysie vers le 30e jour. L'ingestion d'acétate de tocophérol synthétique ([3]) est d'une efficacité remarquable sur le maintien de la croissance, si l'administration a lieu dès le 10e-12e jour de la mise au régime ([5]). Mais après 40 jours d'une croissance rendue ainsi normale par une ingestion de 150^{mg} le 12e jour et de 50^{mg} le 19e jour, la recherche de la vitamine E dans le sang donne encore un résultat négatif. Il faut deux nouvelles ingestions de 23^{mg} (à 4 jours d'intervalle) pour amener le taux cherché au voisinage de 5^{mg} pour 100^{cm^3}. Mis ensuite à un régime très abondant et varié de feuilles vertes, les lapins peuvent présenter un taux supérieur à 7^{mg} pour 100^{cm^3}. Le retour à une alimentation à base d'avoine, mais privée de verdure, fait rapidement (en 10 jours par exemple) tomber ce taux au-dessous de 3^{mg}.

Ces expériences montrent que le taux en vitamine E du sérum, tel que permet de l'apprécier notre technique, reflète bien l'apport alimentaire en cette vitamine. On remarquera par ailleurs que de l'acétate de tocophérol

---

([3]) Préparé par Hoffmann-Laroche.

([4]) *Nutritional muscular dystrophy* (*Act. Scient. et Ind.*, n° 752, Paris, 1938).

([5]) A notre connaissance, Morgulis n'a pas utilisé la vitamine E pure, mais l'huile de germe de blé ou ses extraits.

ingéré se retrouve dans le sang sous la *forme libre* : celle-ci paraît bien être *l'état naturel du tocophérol.*

Les recherches précédentes suffisent déjà, croyons-nous, à *fonder un test direct de l'avitaminose* E sur le dosage de cette vitamine dans le sang. Dès maintenant nous pouvons dire que le *taux normal* est, chez le Lapin, voisin de 3^{mg} pour 100^{cm^3} et, chez l'Homme, à un niveau beaucoup plus bas, environ $1^{mg},50$ pour 100^{cm^3}.

A 15^h50^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h15^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1941 (*suite et fin.*)

Atlas de paléobiogéographie, par Léonce Joleaud, 99 planches et 1 portrait. Paris, Paul Lechevalier, 1939; 1 vol. 29cm,5 × 23cm,5 (présenté par M. A. Chevalier).

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son Yacht, par Albert Ier de Monaco. Fascicule CIII. *Recueil de travaux relatifs aux campagnes du Prince Albert Ier de Monaco* (Protistologie, Zoologie, Physiologie, Bactériologie, Algologie, Pathologie), par Divers Auteurs. Imprimerie de Monaco, 1940; 1 vol. 36cm.

Idem. Fascicule CIV. *Hydropolypes provenant des croisières du Prince Albert Ier de Monaco,* par Eugène Leloup. Imprimerie de Monaco; 1940; 1 vol. 36cm.

Hémorragie-Choc-Asphyxie, par Léon Binet. Paris, Masson et Cie, 1941, 1 vol 25cm,5 (présenté par M. H. Vincent).

Notice sur Henri Chermezon, par Francis Evrard. Extrait du *Bulletin de la Société botanique de France.* Tome 87. Paris, au Siège de la Société, 1940; 1 fasc. 24cm.

Recherches sur les Rhizocéphales. I. *Rameau récurrent et formations ovariennes des racines chez le « Peltogaster Paguri »,* par Charles Pérez. Extrait des *Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France.* Tome 65. Paris, Gauthier-Villars, 1941; 1 fasc. 29cm.

Bibliothèque de philosophie scientifique, *Invention et finalité en biologie,* par Lucien Cuénot. Paris, Flammarion, 1941; 1 vol. 19cm,5.